



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 199 59 017 C 1

⑤1 Int. Cl.⁷:
F 01 D 9/04
F 01 D 17/14
F 02 B 37/22

②1 Aktenzeichen: 199 59 017.6-13
②2 Anmeldetag: 8. 12. 1999
④3 Offenlegungstag: -
④5 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 21. 12. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:
Finger, Helmut, Dipl.-Ing., 70771
Leinfelden-Echterdingen, DE; Fledersbacher, Peter,
Dipl.-Ing., 70619 Stuttgart, DE; Hertweck, Gernot,
Dipl.-Ing., 70736 Fellbach, DE; Sumser, Siegfried,
Dipl.-Ing., 70184 Stuttgart, DE; Wirbeleit, Friedrich,
Dr.-Ing., 73733 Esslingen, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:
DE 197 52 534 C1

⑤4 Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine

⑤7 Ein Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine ist
mit einer Radialturbine mit variabler Turbinengeometrie
und mit einem Verdichter versehen, wobei die variable
Turbinengeometrie einen Leitgitterring mit an Verstell-
wellen angeordneten, verstellbaren Leitschaufeln auf-
weist, welche in Achsrichtung von auf der Verstellwelle
gehaltenen Dichtscheiben begrenzt sind.
Um einen hohen Wirkungsgrad zu erreichen, weisen die
Dichtscheiben einen von der Kreisform abweichenden
Umriss auf und besitzen auf der radial innenliegenden
Seite des Leitgitterrings eine gegenüber der Kreisform zu-
rückgesetzte Abflachung.

DE 199 59 017 C 1

Die Erfindung betrifft einen Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Aus der DE 197 52 534 C1 ist ein Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine mit einer radial durchströmten Abgasturbine bekannt, welche mit einer variablen Turbinengeometrie in Form eines Leitgitterringes ausgestattet ist, an welchem verstellbare Leitschaufeln gehalten sind. Über die Verstellung der Leitschaufelposition kann der wirksame Turbinenquerschnitt beeinflusst werden, wodurch sowohl in der befeuerten Antriebsbetriebsweise als auch im Motorbremsbetrieb das positive bzw. negative Moment auf die Motorkurbelwelle durch Variation des Abgasgegendrucks und des Ladedrucks gezielt beeinflusst werden kann. In der befeuerten Antriebsbetriebsweise wird das Leitgitter bei niedrigen Drehzahlen in eine den wirksamen Turbinenquerschnitt reduzierende Position verstellt, wobei mit zunehmender Drehzahl das Leitgitter geöffnet wird, um mehr Verdichterleistung und damit einen höheren Ladedruck erzeugen zu können. Im Motorbremsbetrieb wird das Leitgitter in die Staustellung überführt, in der der wirksame Turbinenquerschnitt einen minimalen Wert einnimmt, wodurch der Abgasgegendruck stark erhöht wird und die Motorkolben gegen den Abgasgegendruck Ausschubarbeit leisten müssen.

Bei derartigen Abgasturbinen mit variabler Turbinengeometrie stellt sich das Problem, Spaltverluste, welche auf Grund von Fertigungstoleranzen oder Temperaturunterschieden im Bereich der Verstellschaufeln auftreten können, zu minimieren, um Fehlströme durch die Spalte auszuschließen, welche die einzustellende Druckdifferenz über die Abgasturbine verringern und damit den Wirkungsgrad erheblich verschlechtern. Darüber hinaus führen derartige Fehlströmungen zu unerwünschten Strömungseffekten, weil das durch das Leitgitter strömende Abgas mit einem nunmehr verringerten Drall auf das Turbinenrad trifft, was eine zusätzliche Verschlechterung des Wirkungsgrades zur Folge hat. Aus diesen Gründen müssen Spaltverluste, welche insbesondere im Bereich der Lagerung eines Turbinenleitgitters auftreten, soweit wie möglich reduziert werden.

Der Erfindung liegt das Problem zu Grunde, den Wirkungsgrad von Abgasturbinen mit einem verstellbaren, den wirksamen Turbinenquerschnitt beeinflussenden Leitgitter zu verbessern. Insbesondere in der Staustellung des Leitgitters sollen unerwünschte Druckverluste vermieden werden.

Dieses Problem wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 gelöst.

Die neuartige Radialturbine weist einen Leitgitterring mit einer Mehrzahl in Umfangsrichtung verteilter, sich in Achsrichtung erstreckender Verstellwellen auf, die jeweils eine Leitschaufel und mindestens eine die Leitschaufel axial begrenzende Dichtscheibe tragen. Um Fehlluftströme zwischen den Bereichen stromauf und stromab des Leitgitters soweit wie möglich zu reduzieren, werden die Dichtscheiben mit einem verhältnismäßig großen Durchmesser ausgestattet, so dass über die Länge der Leitschaufeln im Wesentlichen ein unmittelbarer, spaltfreier Kontakt zwischen Leitschaufel und angrenzender Seite der Dichtscheibe besteht, wodurch ein den Wirkungsgrad reduzierender Spaltmassenstrom wesentlich reduziert wird. Um zugleich zu gewährleisten, dass der das Turbinenrad aufnehmende Innenraum der Radialturbine unbeeinträchtigt bleibt von radial von außen einragenden Bauteilen, weisen die Dichtscheiben auf der radial innen liegenden Seite des Leitgitterrings eine Abflachung auf, die gegenüber einer kreisförmigen Einhüllenden der Dichtscheibe radial zurückgesetzt ist. Der das Turbinen-

rad aufnehmende, zylinderförmige Innenraum der Radialturbine bleibt somit trotz der verhältnismäßig großen Abmessung der Dichtscheiben frei von einragenden Dichtscheiben-Abschnitten. Die Dichtscheiben können zugleich so dimensioniert werden, dass im Wesentlichen über die Länge der Leitschaufeln ein unmittelbarer Kontakt zu den Seitenflächen der Dichtscheiben besteht, unabhängig von der aktuellen Position der Leitschaufeln.

Die Dichtscheiben, von denen in einer zweckmäßigen Ausführung der Erfindung auf beiden axialen Seiten der Leitschaufeln jeweils eine angeordnet ist, können Lagerstellen im Turbinengehäuse der Radialturbine bilden. Um die Gefahr von Spaltmassenströmen insbesondere im Lagergehäuse der die Dichtscheiben aufnehmenden Lager zu verringern, weisen die Dichtscheiben eine verhältnismäßig geringe Dicke auf. Es hat sich hierbei als zweckmäßig erwiesen, die Dicke der Dichtscheiben in Abhängigkeit der Schaufelhöhe der Leitschaufeln – gemessen in Achsrichtung der Verstellwelle – zu bestimmen, wobei insbesondere eine Dichtscheibendicke von 4% bis 12% der Schaufelhöhe der Leitschaufel sich als vorteilhaft erwiesen hat im Hinblick auf die Stabilität der Dichtscheibe und die Reduzierung von Spaltmassenströmen.

Die Dichtscheiben sind zweckmäßig drehfest mit der Verstellwelle verbunden und weisen insbesondere auf der der Abflachung radial gegenüberliegenden Seite Teilkreisform auf, wodurch eine Drehbewegung der Dichtscheibe im aufnehmenden Lager unterstützt und die Gefahr von Fehlluftströmen verringert wird. Die Abflachung kann in vorteilhafter Ausführung zwei im Wesentlichen geradlinige, winklig aneinanderstoßende Abschnitte aufweisen, wobei jedem geradlinigen Abschnitt eine Endposition der Leitschaufel zugeordnet ist. Jeweils ein geradliniger Abschnitt der Abflachung liegt in einer dem Turbinenrad benachbarten, die Dichtscheibe aufnehmenden Lageraufnahme auf, wobei durch eine Drehung der Dichtscheibe um die Achse der Verstellwelle ein Wechsel von einem im Lagerboden aufliegenden, geradlinigen Abschnitt zum benachbarten Abschnitt durchgeführt werden kann, so dass letzterer in etwa plan auf dem Lagerboden aufliegt. Die im Wesentlichen geradlinige Ausführung der Abschnitte unterstützt die Ausbildung von Rastpositionen in den jeweiligen Endstellungen der Leitschaufeln.

Die Dichtscheiben weisen vorteilhaft auf der den Leitschaufeln abgewandten Seite eine Oberflächenstrukturierung auf, insbesondere eine Mehrzahl einzelner, abgesetzter in Umfangsrichtung verlaufender Nuten, wobei die Nuten in unterschiedlichem radialem Abstand zur Drehachse der Dichtscheiben angeordnet sein können. Diese Oberflächenstrukturierung soll die Abdichtwirkung zwischen den beiden Druckseiten des Leitgitters verbessern, indem durch Verwirbelungen und Turbulenzen zusätzliche Strömungswiderstände erzeugt werden, die die Ausbildung von Spaltmassenströmen auf der Rückseite der Dichtscheiben erschweren.

Weitere Vorteile und zweckmäßige Ausführungsformen sind den weiteren Ansprüchen, der Figurenbeschreibung und den Zeichnungen zu entnehmen. Es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht einer auf einer Verstellwelle gehaltenen Leitschaufel eines Leitgitters in einer Radialturbine, wobei die Leitschaufel axial von jeweils einer Dichtscheibe begrenzt ist.

Fig. 2 eine Seitenansicht auf einen Leitgitterring mit Leitschaufeln in Öffnungsstellung.

Fig. 3 eine Fig. 2 entsprechende Ansicht, jedoch mit Leitschaufeln in Staustellung.

Fig. 4 in vergrößerter Darstellung eine Dichtscheibe auf einer Verstellwelle mit einer Leitschaufel in Staustellung.

Die in Fig. 1 dargestellte Schaufelanordnung 1 ist Teil eines Leitgitterringes als verstellbarer Bestandteil einer variablen Turbinengeometrie in der Radialturbine eines Abgasturboladers. Der eine Mehrzahl von Schaufelanordnungen 1 enthaltende Leitgitterring befindet sich radial im Einstrombereich zum Turbinenrad der Radialturbine, wobei der wirksame Turbinenquerschnitt durch die Einstellung der Schaufelanordnung verändert werden kann. Über die veränderliche Einteilung des wirksamen Turbinenquerschnitts kann das Verhalten des Abgasturboladers sowohl in der befeuerten Antriebsbetriebsweise als auch im Motorbremsbetrieb beeinflusst werden. Die Schaufelanordnung 1 umfasst eine Leitschaufel 2, die auf einer Verstellwelle 4 angeordnet ist, sowie zwei axial die Leitschaufel 2 begrenzende Dichtscheiben 3, welche unmittelbar an die Leitschaufel 2 axial angrenzen und ebenfalls auf der Verstellwelle 4 gehalten sind. Die Leitschaufel 2 und die Dichtscheiben 3 sind vorteilhaft drehfest mit der Verstellwelle 4 verbunden; bei einer Drehbewegung der Verstellwelle 4 um ihre Längsachse 5 werden sowohl die Leitschaufeln 2 als auch die Dichtscheiben 3 um das gleiche Winkelmaß wie die Verstellwelle 4 verschwenkt.

Die Dicke d der Dichtscheiben 3 steht in einem bestimmten Verhältnis zur Schaufelhöhe h der Leitschaufel 2, wobei die Schaufelhöhe h in Achsrichtung der Verstellwelle 4 gemessen wird; da die Dichtscheiben 3 unmittelbar axial an die Leitschaufel 2 angrenzen, ist die Schaufelhöhe h identisch mit dem Abstand der beiden Dichtscheiben 3. Die Dichtscheibendicke d beträgt 4% bis 12% der Schaufelhöhe h , aus Stabilitätsgründen jedoch mindestens 0,5 mm.

Die Dichtscheiben 3 sind vorteilhaft in Lageraufnahmen im Turbinengehäuse drehbar aufgenommen, wobei die verhältnismäßig geringe Dicke der Dichtscheiben 3 und auch die feste Verbindung zwischen den Dichtscheiben und der zwischenliegenden Leitschaufel die Gefahr von Fehlluftströmen durch unerwünschte Luftspalte zwischen der radial außen liegenden Seite und der radial innen liegenden Seite des Leitgitterrings deutlich verringert. Eine weitere Reduzierung von Fehlluftströmen kann durch eine Oberflächenstruktur 6 auf der der Leitschaufel 2 abgewandten Seite der Dichtscheiben 3 erzielt werden, indem die Oberflächenstruktur Verwirbelungen und Turbulenzen unterstützt, welche einer geordneten Strömung durch einen Dichtspalt entgegenstehen. Die Oberflächenstruktur 6 besteht im Ausführungsbeispiel aus nutförmigen Vertiefungen bzw. Ausnehmungen 7, die in Umfangsrichtung verlaufen, wobei jeweils eine Mehrzahl von Vertiefungen 7 hintereinander angeordnet sind. Die Vertiefungen 7 erstrecken sich darüber hinaus in unterschiedlichen radialen Abstand zur Längsachse 5, so dass im Wesentlichen die gesamte außenliegende Oberfläche der Dichtscheiben 3 von Vertiefungen 7 bedeckt ist.

Die Fig. 2 und 3 zeigen einen Leitgitterring 8 mit einer Mehrzahl von in Umfangsrichtung des Leitgitters 8 gleichmäßig verteilten Schaufelanordnungen 1, wobei Fig. 1 die Schaufelanordnungen 1 in einer ersten Endposition zeigt - die Öffnungsstellung der Leitschaufelanordnung -, wohingegen in Fig. 3 die Schaufelanordnungen 1 in der entgegengesetzten, zweiten Endposition - der Staustellung - dargestellt sind; in der Öffnungsstellung gemäß Fig. 2 nimmt der wirksame Turbineneintrittsquerschnitt ein Maximum ein, in der Staustellung gemäß Fig. 3 nimmt dagegen der wirksame Turbineneintrittsquerschnitt ein Minimum ein. Die Überführung der Schaufelanordnung 1 zwischen Öffnungsstellung und Staustellung erfolgt durch Rotation der Verstellwelle 4, wobei die Leitschaufel 2 und die Dichtscheiben 3 auf Grund ihrer drehfesten Verbindung mit der Verstellwelle 4 um den gleichen Winkelbetrag rotieren wie die Verstellwelle.

Auf der dem radial innenliegenden Innenraum, in welchem das Turbinenrad angeordnet ist, zugewandten Seite weisen die teilkreisförmigen Scheiben 3 eine Abflachung 10 auf (siehe die Ausschnittvergrößerung gemäß Fig. 4), die gegenüber einer kreisförmigen Einhüllenden 11, welche den Umfang der Dichtscheibe 3 begrenzt, radial nach innen zurückgesetzt ist. Auf Grund der Abflachung 10 weicht die tatsächliche Gestalt der Dichtscheibe 3 von der Kreistform an.

Im Bereich der Abflachung 10 weist die Dichtscheibe 3 zwei im Wesentlichen geradlinige Abschnitte 12, 13 auf, die winklig aneinander stoßen und den Winkel α einschließen. Der Winkel α entspricht dem Drehwinkel, welcher zwischen Staustellung und Öffnungsstellung der Leitschaufeln 2 zurückzulegen ist; der Winkel α beträgt im Ausführungsbeispiel etwa 30°. Die Dichtscheiben 3 sind in Lageraufnahmen 14 des Turbinengehäuses aufgenommen, wobei die Lageraufnahmen 14 im Wesentlichen die gleiche Gestalt wie die Dichtscheiben 3 aufweisen, jedoch im Bereich der Abflachung keine Zweiteilung mit zwei winkeleinschließenden Abschnitten besitzen, sondern vielmehr einen geradlinig ausgebildeten Lagerboden bilden. Die Dichtscheiben 3 sind drehbar in den Lageraufnahmen 14 aufgenommen, wobei auf Grund des Winkeleinschlusses α zwischen den im Wesentlichen geradlinigen Abschnitten 12, 13 im Bereich der Abflachung 10 die Dichtscheiben 3 um den Winkel α soweit in den Lageraufnahmen 14 verschwenken können, bis jeweils einer der Abschnitte 12, 13 am Boden der Lageraufnahme 14 aufliegt. Auf Grund der geradlinigen Ausbildung der beiden Abschnitte 12, 13 markieren diese zugleich Rastpositionen der Schaufelanordnung 1.

Im Ausführungsbeispiel sind über den Umfang des Leitgitterringes 8 verteilt insgesamt 11 Schaufelanordnungen 1 angeordnet. Die Verstellwellen 4 der Schaufelanordnungen 1 liegen in einem Abstand v zum Mittelpunkt des zylindrischen, das Turbinenrad aufnehmenden Innenraumes 9, der den Radius R aufweist, wobei der Radius R geringer ist als der Abstand v der Verstellwellen 4 vom Mittelpunkt. Der Radius r der Einhüllenden 11 der Dichtscheibe 3 ist so dimensioniert, dass die Summe aus Radius R des Innendurchmessers des Innenraumes 9 und Radius r des Scheibendurchmessers der Dichtscheibe 3 größer ist als der Abstand v der Verstellwelle 4 vom Mittelpunkt des Innenraumes 9. Auf Grund dieser Dimensionierung ragt die Einhüllende 11 der Dichtscheibe 3 in den Innenraum 9 ein; die Abflachung 10 der Dichtscheibe 3 auf der dem Innenraum 9 zugewandten Seite verhindert jedoch, dass ein Sektor der Dichtscheibe 3 tatsächlich in den Innenraum einragt, wodurch die Bewegung des Turbinenrades behindert werden könnte.

Patentansprüche

1. Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine, mit einer Radialturbine mit variabler Turbinengeometrie und mit einem Verdichter, wobei die variable Turbinengeometrie einen Leitgitterring (8) mit an Verstellwellen (4) angeordneten verstellbaren Leitschaufeln (2) aufweist, welche in Achsrichtung von auf der Verstellwelle (4) gehaltenen Dichtscheiben (3) begrenzt sind, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtscheiben (3) einen von der Kreisform abweichenden Umriss aufweisen und auf der radial innen liegenden Seite des Leitgitterrings (8) eine gegenüber der Kreistform zurückgesetzte Abflachung (10) aufweisen.
2. Abgasturbolader nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtscheiben (3) teilkreisförmig ausgebildet sind.
3. Abgasturbolader nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Abflachung (10) von zwei im

Wesentlichen geradlinigen Abschnitten (12, 13) begrenzt ist, die winklig aneinander stoßen.

4. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Größe und die Position der Dichtscheiben (3) in der Weise gewählt ist, dass die kreisförmige Einhüllende (11) der Dichtscheiben (3) den Radius (R) des Turbinenrades schneidet.

5. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Anzahl, die Position und Größe der Dichtscheiben (3) in der Weise gewählt ist, dass die Einhüllenden (11) benachbarter Dichtscheiben (3) auf Abstand (12, 13) zueinander liegen.

6. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtscheiben (3) drehfest mit der Verstellwelle (4) verbunden sind.

7. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass in Achsrichtung der Verstellwelle (4) auf beiden Seiten der Leitschaufeln (2) jeweils eine Dichtscheibe (3) angeordnet ist.

8. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtscheiben (3) auf der den Leitschaufeln (2) abgewandten Seite eine Oberflächenstruktur (6) aufweisen.

9. Abgasturbolader nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Oberflächenstruktur (6) eine Mehrzahl von in Umfangsrichtung verlaufender, hintereinander angeordneter und in der Länge begrenzter, nutzförmiger Vertiefungen (7) umfasst, die in verschiedenen radialen Abständen (12, 13) auf der Oberfläche der Dichtscheibe (3) angeordnet sind.

10. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke (d) der Dichtscheiben (3) 4% bis 12% der Schaufelhöhe (h) einer axial zwischen zwei Dichtscheiben (3) auf einer Verstellwelle (4) angeordneten Leitschaufel (2) beträgt.

11. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Dicke (d) der Dichtscheiben (3) mindestens 0,5 mm beträgt.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

40

45

50

55

60

65

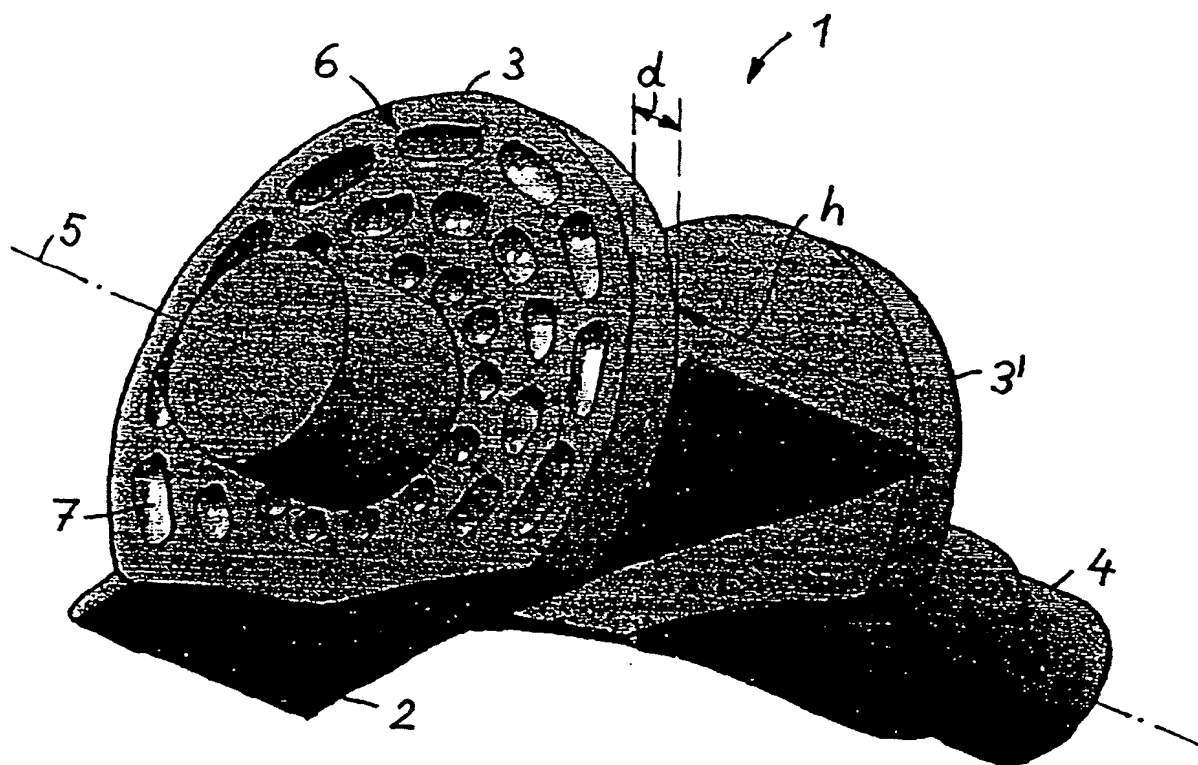


Fig. 1

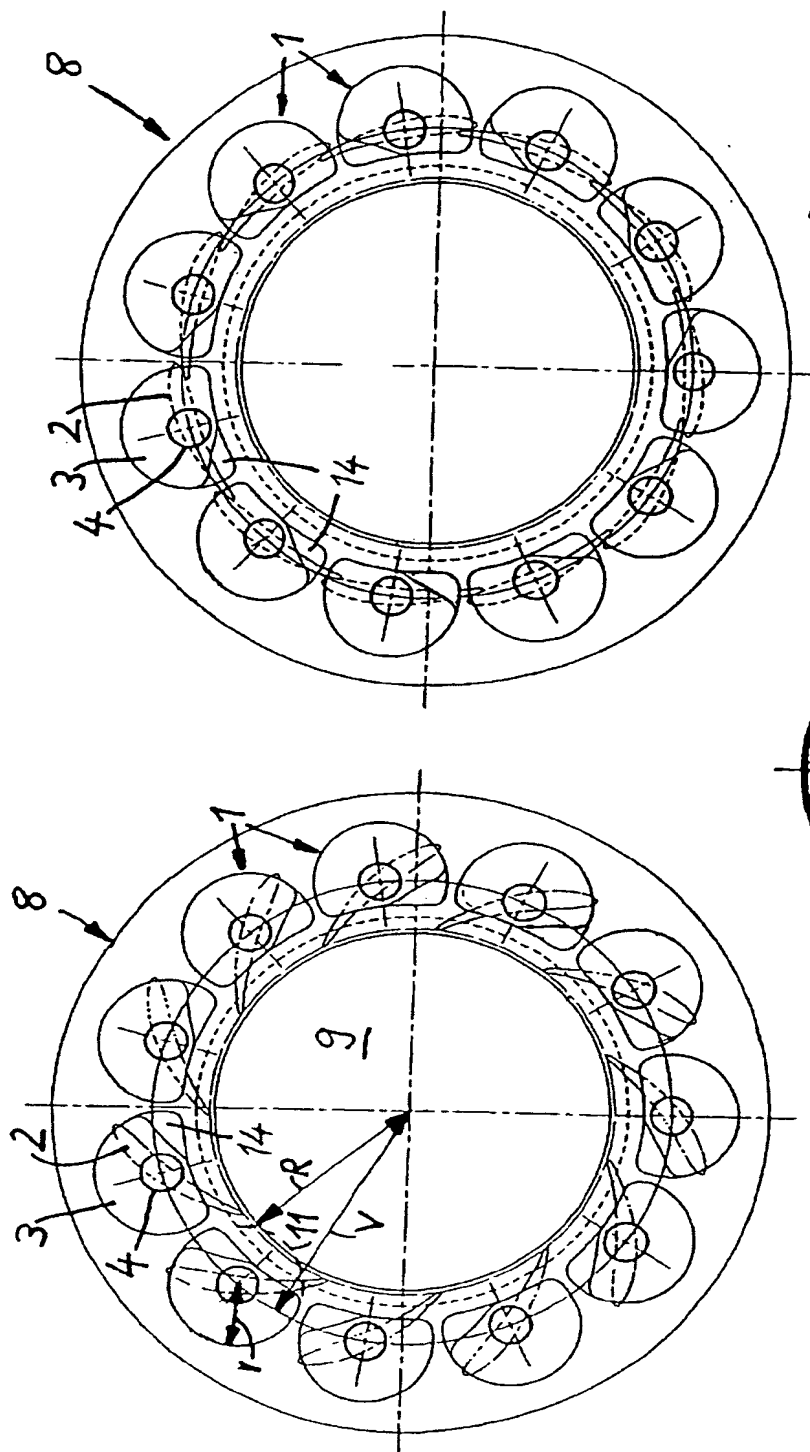


Fig. 3

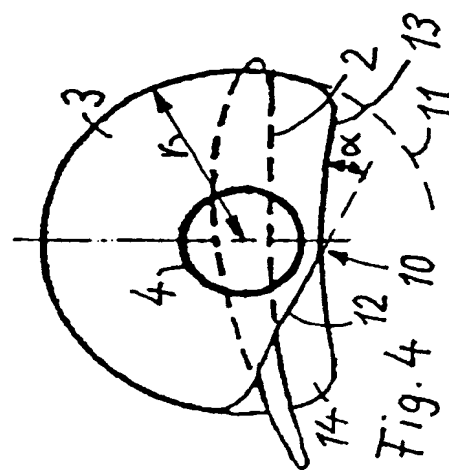


Fig. 4